أصول العصر الذري

—:—

« ..... لقد وقف مارد الذرّة الجبار الذي أطلقه العلماء من قمقمه العتيق فوق أعلى ربوة في هذا الكوكب : ربوة العلم ، ليعلن بدء العصر الذرّي للعالم ..

فما هي الحقائق الأساسية لهذا العصر ؟ »

obeikandl.com

أصول العصر الذري

إن الحقائق الأساسية للقوة الذرّية ستكون في الغد معرفة شائعة عامة ، ولكن يجب على كل فرد اليوم أن يدري هذه الحقائق دراية دقيقة لأن ذلك قد يزيد في قوة استجلائنا للمستقبل كما يساعدنا في تكوين آرائنا الخاصة عن المسائل الداخلية والسياسية الخارجية بين الشعوب المتباينة التي تقطن هذا الكوكب .

وإن السؤال الأول الذي قد يتبادر الى ذهن القارىء يتعلق بالصفات الخاصة للقوة الذرّية . فاحتراق رطل من الفحم يكفي لرفع درجة حرارة سبعمائة رطل من الماء ثماني عشرة درجة فهرنهيتية . ولكن انفجار رطل من اليورانيوم يطلق سراح طاقة إذا حولت الى حرارة فانها تنتج ارتفاعاً مساوياً في درجة الحرارة لمقدار من الماء يبلغ وزنه ٢ بليون من الأرطال !

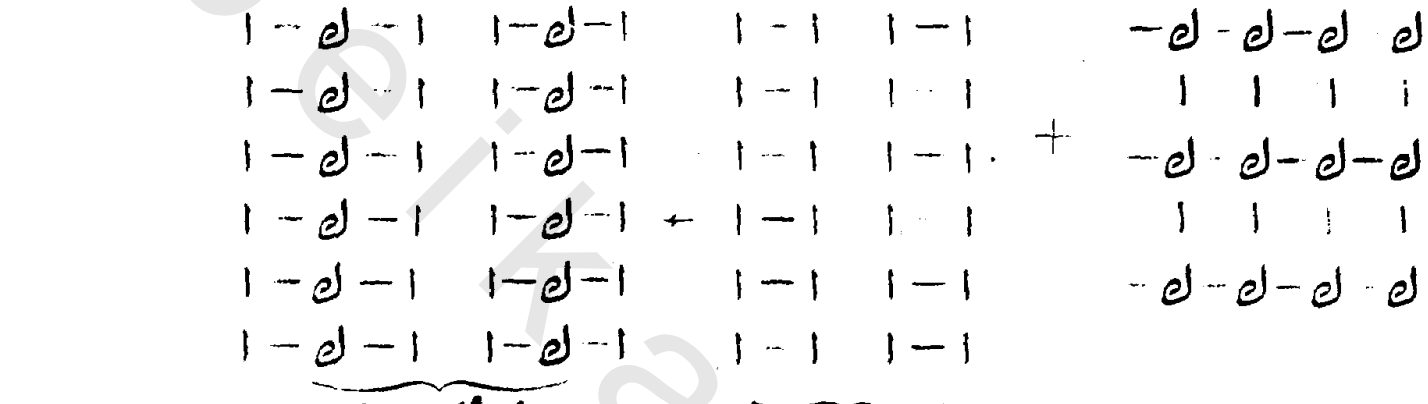
فما هو الفرق بين العملية الذرية وتفاعلاتنا الكيماوية العادية الذي يجعل الأول قويًّا الى هذا الحد ؟

والاجابة على هذا التساؤل هو أن عملياتنا الكيميائية العادية تؤثر في ترتيب الذرات التي هي أصغر الوحدات البنائية للمادة [1] ولكنها لا تؤثر في شخصياتها . أما التفاعلات الذرّية فهي تغير شخصية الذرّات نفسها

---

(١) كان العلماء يعتقد الماضي أن الذرة جزء لا يتجزأ ولكن ذلك الاعتقاد كما يعلم القراء قد انقرض انقراضا تاماً . ويصور العلماء الذرة اليوم بأنها تتكون من نواة في المركز هي سويداء قلبها الناتئ ، وحولها توجد جسيمات سالبة الكهرب تسمى ألكترونات تتحرك في فضاء يحيط بالنواة وتقع هذه الالكترونات في طبقات : طبقة داخلية تحيط بها أخرى ثم أخرى وهكذا . . ويبلغ قطر النواة جزءاً من عشرة آلاف جزء من قطر الذرة نفسها . وفي النواة تتركز جل مادة الذرة ، فوزنها يساوي تقريباً الوزن الذري إذ أن الالكترونات التي تدور حول النواة خفيفة الوزن جداً . وتحمل النواة كهربية موجبة تعادل وحدات الكهربية السالبة التي تحملها الالكترونات التي تدور حولها ، وبذا فان الذرة في مجموعها متعادلة كهربائياً .

فاحتراق الفحم يسبب تغيراً في ترتيب ذرّات الكربون في الفحم وذرّات الاكسجين في الهواء وينتج عن ذلك تكوين مجموعة جديدة تجمع ذرّات الكربون والاكسجين معاً. هذه المجموعة الجديدة هي غاز ثاني أكسيد الكربون، ويرمز الكيميائي الى ذرّة الكربون بالرمز « ك » والى ذرّة الاكسجين بالرمز « ا » وهو يصف احتراق الفحم رمزيًّا كالآتي :



وكما أن تغيراً كيميائيًّا كالمبين أعلاه يغيّر ترتيب الذرات ليس إلاّ، فان عدد الذرّات قبل التفاعل هو نفسه بعد التفاعل فقد كان لدينا ١٢ ذرة كربون و ٢٤ ذرّة اكسجين قبل التفاعل، ولدينا نفس العدد بعد إتمام التفاعل. وإن كل ما حدث هو أن ذرات الكربون قد انفصلت من أماكنها كما انفصلت كل ذرّة من الاكسجين عن زميلتها وتكوّن اتحاد جديد من ذرّات الكربون والاكسجين : هذا الإتحاد عبارة عن جزيئات ثاني اكسيد الكربون. ومنشأ الطاقة في هذا التفاعل هو ما بين الذرّات المختلفة من قوى فهي طاقة كيميائية، هذه الطاقة تتحول الى حرارة تستخدم في رفع درجة حرارة الماء مثلاً.

والتفاعلات الذرية شيء خلاف هذا كلية، إذ أنها تغير الذرّات نفسها. وبذا فان التفاعلات التي تجري في قنبلة ذرية تنفجر يمكن أن نعبر عنها بالطريقة الآتية

« يو — ٢٣٥ ← ى + يت »

ومعنى هذا أن اليورانيوم — ٢٣٥ يتحول الى يود ويوتريم وهو عنصر نادر (ويمكن أيضاً أن ينفلق الى أزواج أخرى من العناصر) هذا التغيير من نوع ذري الى أنواع أخرى مضاد لكل أسس الكيمياء العادية . إنها نتيجة كان علماء الكيمياء في العصور الوسطى

يجاهدون للوصول إليها مدى عدة قرون ، نتيجة تحققت فقط بعد أن استبعدت كل آمالهم وأدّت مجهوداتهم الضائعة الى ظهور قاعدة كيميائية جديدة وهي « أن العناصر لا يمكن تحويلها من نوع الى نوع » هذه القاعدة صحيحة في العمليات الكيميائية ولكنها ليست كذلك في العمليات الذرّية .

وإن شيئاً مما مرّ بنا لا يفسر بالطبع لماذا نجد أن التغيرات في الطاقة في التفاعلات الذرية أكثر الى حدٍّ بعيد من تغيرات الطاقة في التفاعلات الكيميائية العادية .

إن معادلة أينشتين الفائقة الأهمية $E = mc^2$ والتي معناها أن الطاقة المنطلقة تعادل الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء : تخبرنا أنه اذا أردنا أن نحصل على الطاقة المطلق سراحها في تفاعل القنبلة الذرية فان علينا أن نطرح من كتلة اليورانيوم ـ ٢٣٥ « يو ـ ٢٣٥ » كتلتي « ى » ، « يت » ثم نضرب الناتج في مربع سرعة الضوء ينتج لدينا مقدار الطاقة التي نريدها . وإن هذه القاعدة مفيدة جدّاً . ولكنها لا تخبرنا مع ذلك لماذا نجد أن كتلة اليورانيوم ـ ٢٣٥ أكبر (بمقدار ١ في المائة والذي هو مقدار كبير بالنسبة الى الفروق في الكتلة) من مجموع كتلتي ى ، يت .!!

وإنه ليبدو جد معقول أن تغييراً ينتج عنه تبديلاً أساسيًّا إلى مدى بعيد في الصفات كتحويل عنصر الى آخر (أو الى عنصرين آخرين) يجب أن يكون مصحوباً بتغييرات كبيرة في الطاقة أكبر منها في حالة تغيير ترتيب ذرات العناصر ليس إلاّ .

ويسمى تفاعل القنبلة الذرية التي أشرنا إليه تفاعل الفلق Fission Reaction وإن الطاقة التي يطلق سراحها في هذا التفاعل لا تتعدّى جزءًا من الألف من الطاقة المختزنة في المادة . وهناك تفاعل ذرّي آخر تتحول فيه كل المادة الى طاقة أي تفنى فيه المادة وهو الذي يسمى « تفاعل الزوال التام للمادة » .

اليورانيوم ← طاقة

هذا التفاعل يعطي طاقة أعظم بكثير مما ينتج في تفاعل الفلق إذ تفوقها ألف مرة [وحدة الوزن ثابتة بالطبع] ولكن هذا التفاعل الأخير لم يلاحظ بعد في المعمل . وينظر العلماء

اليوم الى المادّة على أنها صورة من صور الطاقة كالطاقة الحرارية أو الطاقة الكهربائية ويسمونها بالطاقة المادية .

وهناك تفاعلات ذرية أخرى تحدث من تلقاء نفسها في الخاصية التي تعرف باسم النشاط الاشعاعي Rádioactivity هذه الخاصية تحدث في كثير من العناصر الثقيلة التي توجد في الطبيعة مثل الراديوم واليورانيوم ، وكذلك في بعض أشكال العناصر المكونة صناعيًا . فاليود واليورانيم مثلاً وهي من نتاج فلق اليورانيوم عبارة عن أصناف إشعاعية لعنصري اليود واليورانيم الثابتين العاديين اللذين نجدهما في الطبيعة . وتتميز الذرات الاشعاعية بأنها غير ثابتة فهي تشع جزءًا من مادتها [1] وبذا فهي تتغير الى عناصر أخرى . وفي بعض الاحيان نجد أن الشظايا المنطلقة يصحبها اشعاع يسمى « اشعاع جاما » [2] الذي تشبه أشعته أشعة إكس ولكنها أقوى منها وأبعد في قوتها الاختراقية .

النظائر وفصلها

وهناك فارق آخر بين التفاعلات الكيميائية العادية وبين التفاعلات الذرية يجدر بنا أن نبحثه وهو فارق يتعلق بخاصية النظائر Isotopes فالنظائر هي أشكال من نفس العنصر وهي تسلك في التفاعلات الكيميائية العادية مسلكاً مشابهاً جدًّا حتى ان عملية فصل مخلوط من نظيرين لعنصر ما ظلّ سؤالاً حائراً على علماء العلماء لأمد طويل . وتختلف نظائر العنصر الواحد في وزنها الذري أي في وزن ذراتها . فالأكسجين مثلاً له ثلاثة نظائر أو أصناف تزن ذرة أحدها ١٦ والثاني وزن ذرته ١٧ والثالث وزنه الذري ١٨ .

ولأن النظائر ليست إلاّ أشكالاً لنفس العنصر فان لها نفس الرمز الكيميائي فاذا

---

(١) بين الجسيمات التي تنطلق من الذرات الاشعاعية جسيمات الفا وهذه تحمل كهربية موجبة وزن جسيم الفا أربعة أمثال وزن ذرة الايدروجين التي هي أخف الذرات جميعاً . وتشع الذرات الاشعاعية أيضاً جسيمات بيتا وهذه تحمل كهربية سالبة وتسمى بالالكترونات . أما وزنها فأخف كثيراً من جسيمات الفا إذ يزن الالكترون جزءاً من ثمانية عشر ألفاً من الاجزاء من وزن ذرة الايدروجين والكهرباء التي يحملها جسيم الفا ضعف كمية الكهرباء التي يحملها جسيم بيتا من حيث المقدار ولكنها مخالفة لها في النوع كما قدمنا .

(٢) أشعة «جاما» هي أشعة تشبه أشعة النور ولكنها تختلف عنها في قصر موجتها .

أردنا ان نفرق بينها فانا نضع الى جوار رمز العنصر عدداً يبين الكتلة التقريبية لذرة النظير فاليورانيوم — ٢٣٥ $U-235$ نظير لعنصر اليورانيوم تزن ذرته ٢٣٥ وهناك نظير آخر لليورانيوم أثقل في وزنه وهو اليورانيوم — ٢٣٨ $U-238$

ولا يلزم في التفاعلات الكيميائية العادية تحديد نوع النظير الذي يتفاعل لأن جميع نظائر العنصر متشابهة في سلوكها في هذه الحالة كما بينا . فاحتراق نظير لعنصر الكربون مشابه لاحتراق النظير الآخر الى حدٍّ بعيد حتى أنه يمكننا أن نتحدث في الحالتين عن احتراق الكربون ليس إلاَّ .

ولكن ليست هذه هي الحالة في التفاعلات الذرية فنظائر العنصر الواحد تختلف في سلوكها في العمليات الذرية كما تتباين العناصر المختلفة في سلوكها في التفاعلات الكيميائية العادية. وبذا فنحن نجد مثلاً أنه من الصعب جدًّا إحداث تفاعل القنبلة الذرية في اليورانيوم — ٢٣٨ في حين أنه من السهل إحداثه في يو — ٢٣٥ وبذا فان النظير الأول لا يمكن أن يستخدم في القنابل الذرية .

من هذا ندرك نوعًا الأهمية والصعوبة في عملية فصل النظائر فنحن إذا أردنا مادة فائقة النشاط في تفاعلاتها فيلزم عادة انتقاء نظير خاص لأحد العناصر . واليورانيوم — ٢٣٥ يتوافر فيه هذا النشاط . ومع ذلك فان استخلاص هذا النظير من النظائر الأخرى لنفس العنصر عملية جد شاقة لأنها تسلك جميعاً سلوكاً متشابهاً في الأحوال العادية .

وقد يتبادر الى الذهن لدى هذه النقطة سؤال من حق القارىء أن يسأله، وهو: لماذا ظلت التفاعلات الذرية خافية لم تستكشف كل هذا الأمد الطويل ما دامت تطلق هذه المقادير الهائلة من الطاقة ؟ ولماذا لا نلمسها في حياتنا اليومية ؟

إذا نحن أردنا أن نحرق الفحم فان علينا أن نرفع درجة حرارته أولاً عدة مئات من الدرجات حتى يصل الى درجة الاشتعال التي يبدأ عندها الاحتراق .

ومن الطبيعي أن العمليات الذرية التي تعطي مقادير أعظم وأعظم من الطاقة لا بدَّ من أن تحتاج في توليدها الى كمية من التسخين الأولى أكثر مما يحتاجه الفحم . ومثل هذه الدرجات الحرارية المرتفعة التي تلزم لبدء مثل تلك العمليات لا يمكن أن تتحقق فوق كوكبنا بواردنا

جدّ المحدودة . ولكنها تتوافر في مراكز النجوم ومنها شمسنا [1] وان مورد الاشعاع الشمسي هو الطاقة الذرية . وحيث أن كل طاقتنا الأرضية مستمدة كلية من الاشعاع الشمسي فيمكننا أن نقول إن الطاقة الذرية تكون أساس حياتنا وموارد طاقتنا .

وهناك مادة يلزمها لكي تشتعل مقدار من التسخين البدائي أقل بكثير مما يلزم للفحم . تلك المادة هي الفسفور فان عوداً من الثقاب يلتهب لدى قليل من الحك .. وقد ظلت النار في عالم المجهول ولم تستكشف لمدة طويلة لأنه لا يوجد في الطبيعة فسفور حر منفرد وحتى اذا كان قد وجد فلا بد أنه قد اشتعل بطريقة ما قبل أن يتمكن الانسان من أن يضع يده عليه بأمد طويل .

وهناك جسيم ذري متعادل غير مكهرب يسمى « النيترون » « Neutron » ويطلقون عليه أيضاً العنصر الصفري « Zero element » هذا النيترون يتفاعل مع العناصر في درجات الحرارة العادية تفاعلاً ذريًا تنشأ عنه طاقة تنطلق : ومع ذلك فلا يوجد تحت الاحوال العادية نيترونات في الطبيعة . ولم يستكشف هذا الجسيم الذرّي المتعادل إلاّ من عدة سنين مضت ، فقد كشفه العالم الطبيعي الانجليزي شادويك Chadwick في سنة ١٩٣٢ . وان السبب في ندرة النيترونات هو نفس السبب في ندرة الفسفور ، فان أي نيترونات يحتمل أن تتكوّن مصادفة تتفاعل توًّا مع ذرات عناصر أخرى وتستقر في نواياها .

وإذن فذلك هو السبب الذي من أجله لم نعرف إلاّ قليلاً عن التفاعلات الذرية حتى الوقت الحديث حين نجحنا من عدة سنين ليس إلاّ في توليد النيترونات على نطاق واسع . فالتفاعلات الذرية التي لا تستخدم فيها النيوترونات تحتاج الى درجات حرارة هائلة الارتفاع لبدئها . وفي الناحية الأخرى نجد أن النيترونات يبلغ من نشاطها التفاعلي أنها تربط نفسها إلى الذرات الأخرى وبذا تختفي وبمحى وجودها المنفرد .

وقبيل سنة ١٩٣٩ كان معظم علماء الطبيعيات يصدقون ، بناءً على الحقائق التي سردناها أن استخدام الطاقة الذرية (ونقصد هنا الطاقة النووية « Nuclear energy » لأن التغيرات

(١) تبلغ درجة حرارة الغلاف الشمسي الخارجي ستة آلاف درجة سنتغراد في حين أن الجزء الداخلي للشمس تقدر درجة حرارته بين ثلاثين وستين مليون درجة سنتغراد .

التي تحدث في العمليات الذرية تؤثر في نواة الذرة) على نطاق واسع لن يتأتى إلاّ في المستقبل البعيد ، فالنيترونات التي نجحوا في انتاجها بعد صعوبة كبرى كانت تمتص جميعها بمجرد توليدها ، كما أن التفاعلات الذرية التي لم تستخدم فيها النيترونات لم يكن في الإمكان إحداثها صناعيًّا إلاّ باستخدام عدد قليل من الدقائق التي تنتج من المواد ذات النشاط الاشعاعي[1] أو التي كانت تولد صناعيًّا في آلات معقدة كالسيكلترون Cyclotron أو مولد فان دي جراف « Van de Graff Generator »

وفي سنة ١٩٣٩ اكتشف عالمان ألمانيان هما « هان وستراسمان » تفاعلاً ذريًّا سببه إلنيترونات في درجة الحرارة العادية ، وقد امتُصَّ النيترون الذي سبب في بدء التفاعل أثناء العملية كما هو الحال في العمليات الأخرى التي يسببها ، ولكن الفرق الواضح هنا هو أن هذا التفاعل الذري أنتج أيضاً نيترونات . وواضح أنه إذا كان عدد النيترونات المنتجة في التفاعل اكبر من عدد النيترونات الممتصة فيه فإنه يغدو من الممكن ، ليس فقط حفظ التفاعل مستمرًّا في درجات الحرارة العادية بل يمكن أيضاً الحصول على مورد غني من النيترونات .. وإن ما كشفه هان وستراسمان هو عملية الفلق Fission process وقد ذكرتها من قبل . وفيما يلي المعادلة الكاملة لهذا التفاعل الذري

يو — ٢٣٥ + نيترون ← ى + يت + ن نيترون

وتبين ن عدد النيترونات الناتجة من عملية فلق واحدة ويطلق على ى ، يت دقائق الفلق لأنهما هما الدقائق التي انفلق إليها اليورانيوم — ٢٣٥ . وليس اليود واليوتريم العنصرين الوحيدين الذي يمكن لليورانيوم — ٢٣٥ أن ينفلق إليهما فهناك أزواج كثيرة أخرى من العناصر يمكن أن ينفلق إليها

(١) من هذه الدقائق الناتجة من المواد المشعة جسيمات ألفا ، فحين تطلق هذه الجسيمات مثلا على غاز الآزوت يحدث تفاعل ذري ينتج منه غاز الاكسجين وقد أجرى هذا التفاعل العالم الانجليزي « اللورد رذرفورد » أستاذ الطبيعيات بجامعة كمبردج . وما حدث في هذا التفاعل هو أن جسيم الفا دخل في تكوين نواة ذرة الآزوت وفي نفس الوقت خرج من النواة جسيم موجب التكهرب هو البروتون ، وبذا تحولت نواة الآزوت الى نواة الاكسجين

والنقطة ذات الأهمية في التفاعل الأعلى هو أن ن أكبر من واحد صحيح وهو في الحقيقة ٢

هذه الحقيقة يمكن الاستفادة منها في طريقتين اذا كان لدينا كتلة من يو — ٢٣٥ أو أي مادة أخرى قابلة للفلق — أي مادة يمكن أن تفلق حين تمتص نيترونا.

﴿ القنبلة الذرية ﴾ فاذا نحن أعطينا كتلة من يو — ٢٣٥ أو أي مادة قابلة للفلق فيمكننا أن نضيف إليها نيتروناً . هذا النيترون سيتفاعل مع اليورانيوم — ٢٣٥ منتجاً اثنين من النيترونات فاذا ترك هذان النيترونان ليتفاعلا مع اليورانيوم — ٢٣٥ فسينتجان أربعة نيترونات في الجيل الثاني . وهذه بتفاعلها جميعاً مع اليورانيوم — ٢٣٥ تنتج ثمانية في الجيل الثالث وستة عشر في الجيل الرابع وحوالي ألف نيترون في الجيل العاشر ومليون نيترون في الجيل العشرين وبليون في الجيل الثلاثين : الخ . فالعمليات التي تسببها نيترونات الجيل الأول ستهيء نيترونات الجيل التالي . كما أن عدد سكان كل جيل من هذه النيترونات يبلغ ضعف عددها في الجيل السابق [1] هذه الحوادث المتتابعة ستستمر إما الى أن يستهلك كل اليورانيوم — ٢٣٥ وتحل محله « دقائق الفلق » والنيترونات أو الى أن تتناثر القنبلة . فالجهاز الذي وصفته الآن ليس إلاّ قنبلة : القنبلة الذرية .

ولدقائق الفلق في تفاعل القنبلة الذرية سرعة هائلة تنتمي الى درجة حرارة تبلغ حوالي تريليون درجة ، كما أن الطاقة المتولدة حين يفلق رطل من اليورانيوم — ٢٣٥ تكفي لرفع درجة حرارة كرة من الهواء يبلغ قطرها حوالى نصف ميل الى درجة حرارة الماء المغلي ، وبالطبع فان التدمير المتسبب عن مثل هذا الانفجار قد يمتد في مساحة أكثر من هذه .

وإن دائرة الحياة لأجيال النيترون في قنبلة ذرية لا تزيد كثيراً عن جزء من بليون من

---

(١) يطلق على هذه التفاعلات المتتابعة اسم « التفاعل المتسلسل » إذ هو كما رأينا عبارة عن سلسلة من التفاعلات تلي الواحدة منها الاخرى بحيث يكفي أن يحدث التفاعل الاول لحدوث جميع التفاعلات الاخرى الواحد منها تلو الآخر . وقد شبه الدكتور علي مصطفى مشرفه باشا هذا النوع من التفاعلات بما يحدث عندما تضع أحجار « الدومينو » على نضد كل حجر منها في وضع رأسي وتكون الاحجار متقاربة وفي خط مستقيم ، فاذا دفعنا الحجر القائم في أول الصف بحيث ينقلب على الحجر المجاور له انقلب هذا على الذي يليه وهكذا ، فتقع الحجارة كلها على النضد في زمن وجيز .

الثانية وكل العملية التي وصفناها يمكن أن تنتهي في جزء من المليون من الثانية . وأعظم صعوبة في تكوين القنبلة هو أن تحفظ كتلة اليورانيوم — ٢٣٥ رغماً عن الطاقة الهائلة الناشئة ولا تنفاثر قبيل أن تمتص كل النيترونات أو أغلبها باليورانيوم .

﴿ مُولِّد النيترونات Neutron Generator ﴾ إن الطريقة الثانية التي يمكن بها الاستفادة من كتلة مادة قابلة للفلق هو أن ندع عدد النيترونات الناتجة في تفاعل الفلق يزداد حتى يصل إلى مستوى خاص عالٍ نسبيًا نكون قد حددناه من قبل ثم نوقف زيادة النيترونات فجأة لدى الوصول الى ذلك المستوى .

أما كيف يمكن إيقاف الزيادة فان ذلك يتأتى بأن ندخل مثلاً في جهازنا مادة يمكنها أن تمتص حوالي نصف مجموع النيترونات المنتجة في التفاعل . فاذا نحن فعلنا هذا فإن النصف ليس إلاّ من عدد النيترونات المولدة في جيل ستسبب الفلق في اليورانيوم — ٢٣٥ في الجيل اللاحق .

وحيث أن عدد النيترونات الناتجة في أي جيل عبارة عن ضعف عدد مرات الفلق فانه بعد إدخال هذه المادة الجديدة سيكون عدد النيترونات الناتجة في كل جيل مساوياً لما ينتج في غيره من الأجيال اللاحقة ... أي أن التفاعل سيستمر بسرعة ثابتة قد تكون مرتفعة أو منخفضة متوقفة في ذلك على المستوى الذي أوقف عنده استمرار زيادة النيترونات .

فاذا نحن أجرينا التفاعل المتسلسل بهذه الطريقة حصلنا على نتيجتين :

أولاً : إن عمليات الفلق التي ستمضي بسرعة ثابتة ستنتج لنا كمية معينة من الحرارة يمكن أن توجه لأغراض مفيدة .

ثانياً : ستتوافر لدينا النيترونات لامتصاصها بأي طريقة نختارها لايقاف التضاعف الزائد .

وإن النتيجة الثانية لتبلغ في أهميتها مبلغ النتيجة الأولى . فمعظم ذرات العناصر تغدو إشعاعية حين تمتص نواة الذرة نيترونًا .. وبذا فيمكن صنع أنواع متباينة من الذرات الاشعاعية Radioactive لأن التفاعل المتسلسل يمكن تنظيمه بامتصاص النيترونات الزائدة

بذرات أي عنصر من العناصر المعروفة والتي يبلغ عددها ٩٢ .. فالنتيجة الثانية توضح لنا القيمة الهائلة للنيترونات فانه يمكننا أن نسبب عملية ذرية بكل نيترون ونكون مثلاً ذرة إشعاعية من أي ذرة ونيترون . وهذا سبب آخر يدفعنا الى تجنب ضياع اليورانيوم — ٢٣٥ في قنبلة ، فان كل النيترونات التي يمكن لليورانيوم — ٢٣٥ أن ينتجها تفقد بعد الانفجار ولا يستفاد منها .

﴿ معمل البلوتونيوم ﴾ رأينا فيما سبق أنه لكي نصنع قنبلة ذرية أو ننشىء مولداً للنيترون ، يجب أن نمتلك كمية كبيرة من مادة قابلة للفلق ومن الممكن بالطبع تحضير اليورانيوم — ٢٣٥ في حالة نقية بفصل نظيري اليورانيوم . ومع ذلك إذا كانت هذه هي الطريقة الوحيدة لانتاج المادة القابلة للفلق لأجل مولد النيترون فلا شك أن النيترونات ستظل مرتفعة التكاليف لأن عملية فصل النظائر عملية شاقة جد صعبة .

ولكن اذا شئنا أن نستخدم اليورانيوم الطبيعي وهو المخلوط من اليورانيوم — ٢٣٥ واليورانيوم — ٢٣٨ فان العملية بأجمعها يمكن تقليل نفقتها الى حدٍّ بعيد .

هذا ممكن حقيقة إذا استخدم اليورانيوم — ٢٣٨ كمادة لمنع الزيادة في عدد النيترونات ولن يكون لدينا في هذه الحالة مولد للنيترون فحسب بل مولد للنيترون ومستهلك للنيترون في آن واحد . فاليورانيوم — ٢٣٥ هو مورد النيترونات ، والنظير الآخر هو المادة الماصة. وقد يبدو أن ما نجنيه لا يعدو الطاقة التي يولدها التفاعل .

ولكن — وهذه هي الورقة الرابحة كما يقول هواة اللعب بالورق — فاننا نجد أن نتاج التفاعل بين اليورانيوم — ٢٣٨ والنيترون هو مادة جديدة «اليورانيوم — ٢٣٩» والتي تتحوّل نتيجة لنشاطها الاشعاعي الذاتي الى عنصر جديد يسمى « البلوتونيوم . . Plutonium . هذا البلوتونيوم مادة قابلة للفلق أيضاً فيمكن استخدامها تبعاً لذلك إما في قنبلة ذرية أو في مولد آخر للنيترون .

وان معمل البلوتونيوم الذي وصفناه لهو حقّاً معمل غير عادي فهو يصنع البلوتونيوم ولكنه خلال ذلك يولد لنا أيضاً طاقة كبيرة . هذه الطاقة هي المتولدة في العملية الآتية:

يو — ٢٣٥ + نيترون ← ى + يت + ٢ نيترون

ويعتبر البلوتونيوم الذي يصنع في معامل البلوتونيوم بولاية واشنجطن ، أول عنصر جديد صنعه الانسان في مقادير هائلة كبيرة . وتكاليف الحصول على البلوتونيوم في المعمل أرخص بكثير من تكاليف الحصول على اليورانيوم — ٢٣٥ النقي بعملية فصل النظائر ... وفي خلال عدد من السنين ليس بالكثير يمكن عمل كمية هائلة لا حد لهـا من البلوتونيوم تكفي لصنع عدد فائق من القنابل الذرية أو لاغراض سلمية تفيد المجتمع البشري . . وهنا على الانسان أن يختار !

وقد يفكر البعض في أنه وقد أمكننا أن نجعل اليورانيوم الطبيعي يتفاعل تفاعلاً متسلسلاً فقد يكون من الامكان تفجيره ولـكن ذلك لا يتأتى لأن النيترونات الناتجة من التفاعل لا تتضاعف بسرعة كافية في اليورانيوم الطبيعي ذلك لأن اليورانيوم — ٢٣٨ ينظم التفـاعل المتسلسل أوتوماتيكيًا أي أنه يمتص جزءاً كبيراً من النيترونات حتى إن سكان الأجيال المتعاقبة لا تكاد تزداد .

* * *

وبعد، فإن رحلتنا في عالم الطبيعة الذرية قد أتت بنا الى عدد من الممرات يمكن أن نرى منها طرقاً أخرى تؤدي الى تحقيق تفـاعلات ذرية جديدة . وقد أشرت قبل ذلك الى ذلك التفاعل الذري الذي تفنى فيه المادة وتتحوّل كلية الى طاقـة والذي يسمونه « Annihilation Reaction » وهو كما ذكرت ينتج من الطاقة ما يفوق ألف مرة ما ينتج في تفاعل الفلق .

وهناك تفاعل ذري آخر هو التفاعل بين نظائر الايدروجين وهذا يعطي هو الآخر طاقة هائلة أعظم بكثير مما ينتج في تفاعل الفلق .

فما هو أمر هذه التفاعلات الجديدة ؟ وفي الاجابة على هـذا التساؤل أقول إنه ليس هناك الكثير عنهـا الآن فبينما نرى أننا يمكننا أن نستخدم تفاعل الفلق على نطاق واسع لخير البشرية أو شرها ، فليس هناك ما يدعو في الوقت الحاضر الى أن نصدق أن أي تفاعل ذري آخر يمكن أن يستفاد منه استفادة كلية في المستقبل القريب .

ويقترح البعض أن نحاول استخدام تفاعل الفلق في انتاج درجات حرارة عالية نسبب بها أو قل نفعل بها — إن صحّ هـذا التعبير — تفاعلات أخرى ، تماماً ، كما نستخدم نار الفوسفور في إشعال النار في مواد أخرى ... ويقول البعض أن الجوّ أو البحار يمكن إشعالها بواسطة قنابل الفلق . ولا يوجد الآن من الأسباب ما يجعلنا نخاف هذا ، وإني أصدق أن اشعال الجوّ ليس إلاّ محض تصور . وأما من ناحية تفاعل الزوال التام للمادة « Annihilation Reaction » فلم يلاحظ بعـد في المعمل كما أشرت آنفاً . ولـكن يجب أن نحترس من المبالغـة في التحفظ ولا نكون كأولئك القوم المحافظين الذين هزأوا بالفكرة التي بينت ما يتوقع وما يمكن أن يؤديه تفاعل متسلسل لليورانيوم .

وقد يكون من العدل أن نصدق أن اكتشافات أخرى ربما تكون بيولوجية لها قوة متساوية تجاه الخير والشر قد يمكن أن تتم قبل أن يأتي الزمن الذي علينـا أن نواجه فيه تفاعلات ذرية تختلف اختلافاً أساسيًّا في طبيعتها عن تفاعل الفلق .